

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НАФТОГАЗОВИХ ОБ'ЄКТІВ

І.Д. Галушак, В.І. Галушак

ІФНТУНГ, 76019, м.Івано-Франківськ, Карпатська 15, тел.:(03422) 48003,
e-mail: feivt@nung.edu.ua

Проаналізовані основні показники надійності систем електропостачання нафтогазових об'єктів на основі послідовної схеми електропостачання. Запропоновано способи підвищення надійності радіальних схем електропостачання і розраховані узагальнені показники надійності. Визначені додаткові показники надійності та показники для врахування наслідків відмов.

Ключові слова: система електропостачання, узагальнені і додаткові показники надійності

Проанализированы основные показатели надежности систем электроснабжения нефтегазовых объектов на основании последовательной схемы электроснабжения. Предложены способы повышения надежности радиальных схем электроснабжения и рассчитаны обобщенные показатели надежности. Определены дополнительные показатели надежности и показатели, для определения последствий отказов.

Ключевые слова: система электроснабжения, обобщенные и дополнительные показатели надежности

The basic indicators of reliability of systems of an electrical supply oil and gas objects on the basis of the consecutive scheme of an electrical supply are analysed. Ways of increase of reliability of radial schemes of an electrical supply offered and generalized indicators of reliability are calculated. Additional indicators of reliability and indicators for definition of consequences of refusals are defined.

Keywords: systems of an electrical supply, generalized and additional indicators of reliability

За останні десятиліття моделювання функціонування та оцінка надійності розподільних систем отримали істотно меншу увагу дослідників надійності, ніж системи генерації. Таке становище зумовлене великими затратами на спорудження електричних станцій і їх роллю в електроенергетичних системах (ЕЕС). Неадекватність системи генерації відображається на функціонуванні всієї системи, вона може мати катастрофічні наслідки, котрі можуть негативно впливати як на соціальну сферу, так і на оточуюче середовище.

Розподільні системи потребують дещо менших затрат, а відмови в цій системі супроводжуються локальними наслідками. Однак аналіз статистики про перерву електропостачання окремих споживачів нафтогазових об'єктів вказує на істотний вклад розподільних систем в показники надійності окремих споживачів. У такій ситуації необхідна підвищена увага до завдання оцінки надійності розподільних систем, яка дала б змогу обґрунтувати застосування тих чи інших схем на етапі проектування й експлуатації, а також найкращим чином розподілити обмежені капіталовкладення для підвищення надійності функціонування розподільних систем.

Радіальні розподільні системи складаються із сукупності послідовно з'єднаних елементів, а саме: лінії, вимикачі, шини і т.д. Для послідовно з'єднаних елементів основні показники надійності, такі як параметр потоку відмов λ , середня тривалість відмови r і коефіцієнт неготовності U визначаються наступним чином:

$$\lambda = \Sigma \lambda_i, \quad (1)$$

$$U = \Sigma \lambda_i \cdot r_i, \quad (2)$$

$$r = \frac{U}{\lambda} = \frac{\Sigma \lambda_i \cdot r_i}{\Sigma \lambda_i}. \quad (3)$$

Розглянемо зображену на рисунку 1 схему, яка містить чотири споживачі А, В, С, D, що живляться від джерела живлення ДЖ.

Результати розрахунків ілюструють основну особливість радіальної системи: чим споживач віддаленіший від джерела живлення, тим нижчий рівень його надійності.

Багато розподільних систем електропостачання запроектовані і змонтовані за радіальною схемою. Якщо система складно замкнена, то її шляхом розмикання у відповідних пунктах можна перетворити на радіальну. Таке виконання схеми мережі дає можливість знизити кількість обладнання, на яке діє КЗ у даній точці системи. Крім того, здійснюється переведення живлення споживачів на інше джерело електропостачання за необхідності проведення аварійних відновлювальних робіт або планових ремонтів. Розглянемо схему (рис. 1), яка складається з чотирьох основних ліній (ділянки 1, 2, 3 і 4) з показниками надійності $\lambda_0 = 0,1$ 1/(км·рік) і відхідних розподільних ліній а, б, в і д з показниками надійності $\lambda_0 = 0,2$ 1/(км·рік).

Показники надійності, які характеризують окремі елементи мережі, наведено в таблиці 1.

У розглянутій схемі пошкодження будь-якого елемента системи призводить до спрацювання вимикача, встановленого на головній ділянці основного фідера, його вмикання можливе лише після закінчення ремонту. Для таких умов функціонування показники надійності для вузлів А, В, С, D наведені в таблиці 2.

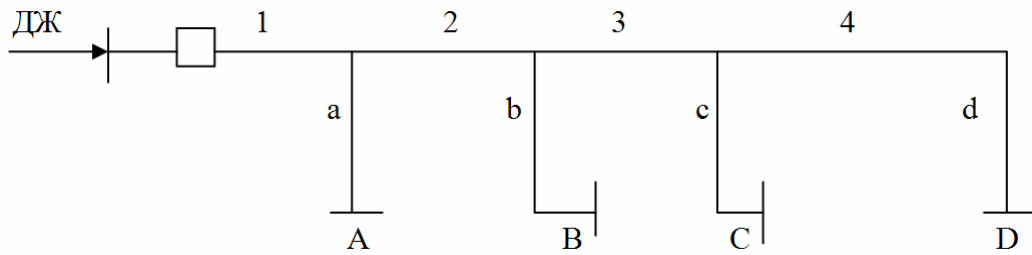


Рисунок 1 – Структурна схема радіальної мережі

Таблиця 1 – Показники надійності елементів мережі

Номер елемента	λ , 1/рік	r , год.	L , км
1	0.2	4	2
2	0.1	4	1
3	0.3	4	3
4	0.2	4	2
a	0.2	2	1
b	0.6	2	3
c	0.4	2	2
d	0.2	2	1

У цьому випадку показники надійності вузлів ідентичні. У випадку, якщо такий рівень надійності не влаштовує, слід розглядати варіанти підвищення надійності шляхом проведення заходів, пов'язаних з локалізацією пошкодження, встановлення додаткових захистів і переведення навантаження на резервне живлення.

У випадку вимкнення основного джерела живлення або після локалізації пошкодження на будь-якій ділянці все або частина навантаження може бути переведено на інше джерело живлення. Розглянемо систему, в якій ділянка 4 за необхідності може живитись від резервного джерела.

Основні показники надійності такого варіанту наведено в таблиці 3. Аналіз результатів свідчить, що параметр потоку відмов не зміниться, але їх тривалість зменшиться. Максимальний ефект проявляється для вузлів, найбільш віддалених від основного джерела живлення, тобто найбільш близьких до резервного джерела живлення.

Умови, за яких немає обмежень на переведення навантаження на резервне джерело, не завжди наявні. Якщо потужність резервного джерела живлення обмежена, то в період максимуму навантаження не можна здійснювати переведення навантаження.

У такий ситуації тривалість перерви електропостачання буде визначатись часом операти-

Таблиця 2 – Результати розрахунку надійності вузлів навантаження

Відмова елемента	Вузол А			Вузол В			Вузол С			Вузол D		
	λ , 1/рік	r , год	U , год/рік	λ , 1/рік	r , год	U , год/рік	λ , 1/рік	r , год	U , год/рік	λ , 1/рік	r , год	U , год/рік
Ділянка												
1	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8
2	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4
3	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2
4	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8
Лінія												
a	0.2	2	0.4	0.2	2	0.4	0.2	2	0.4	0.2	2	0.4
b	0.6	2	1.2	0.6	2	1.2	0.6	2	1.2	0.6	2	1.2
c	0.4	2	0.8	0.4	2	0.8	0.4	2	0.8	0.4	2	0.8
d	0.2	2	0.4	0.2	2	0.4	0.2	2	0.4	0.2	2	0.4
Всього	2.2	2.73	6.0	2.2	2.73	6.0	2.2	2.73	6.0	2.2	2.73	6.0

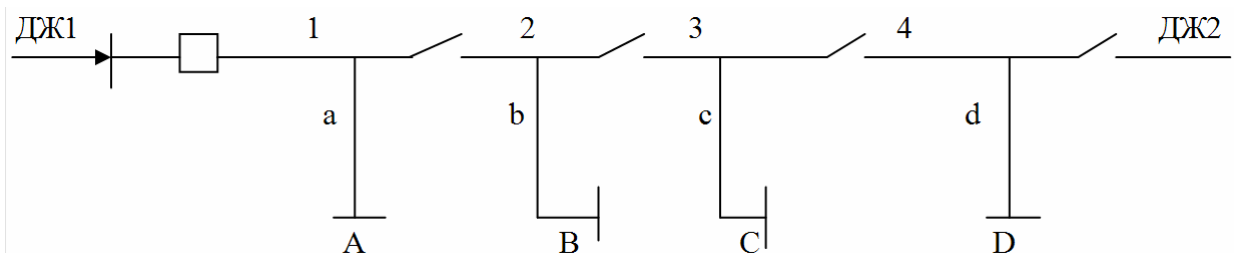


Рисунок 2 – Схема мережі з переведенням живлення на резервне джерело

Таблиця 3 – Результати розрахунку надійності вузлів навантаження з резервним джерелом живлення

Відмова елемента	Вузол А			Вузол В			Вузол С			Вузол D		
	λ , 1/рік	r, год	U, год/рік	λ , 1/рік	r, год	U, год/рік	λ , 1/рік	r, год	U, год/рік	λ , 1/рік	r, год	U, год/рік
Ділянка												
1	0.2	4	0.8	0.2	0.5	0.1	0.2	0.5	0.1	0.2	0.5	0.1
2	0.1	0.5	0.05	0.1	4	0.4	0.1	0.5	0.05	0.1	0.5	0.05
3	0.3	0.5	0.15	0.3	0.5	0.15	0.3	4	1.2	0.3	0.5	0.15
4	0.2	0.5	0.1	0.2	0.5	0.1	0.2	0.5	0.1	0.2	4	0.8
Лінія												
a	0.2	2	0.4									
b				0.6	2	1.2						
c							0.4	2	0.8			
d										0.2	2	0.4
Всього	1.0	1.5	1.5	1.4	1.39	1.95	1.2	1.88	2.25	1.0	1.5	1.5

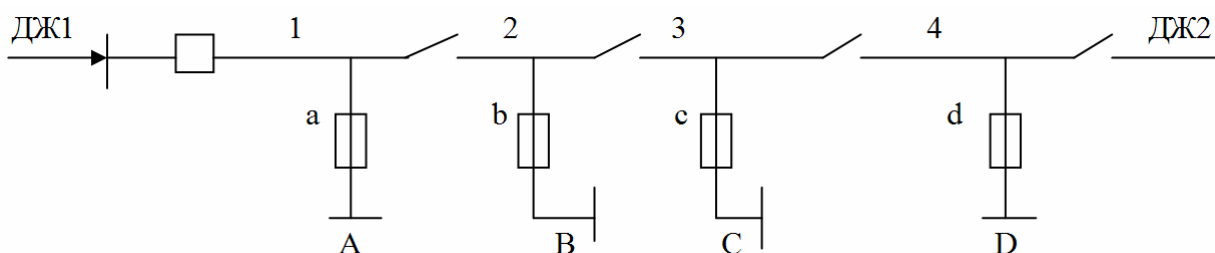


Рисунок 4 – Схема мережі із захистом за допомогою запобіжників

Таблиця 4 – Показники надійності з урахуванням захисту

Відмова елемента	Вузол А			Вузол В			Вузол С			Вузол D		
	λ , 1/рік	r, год	U, год/рік	λ , 1/рік	r, год	U, год/рік	λ , 1/рік	r, год	U, год/рік	λ , 1/рік	r, год	U, год/рік
Ділянка												
1	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8
2	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4	0.1	4	0.4
3	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2	0.3	4	1.2
4	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8	0.2	4	0.8
Лінія												
a	0.2	2	0.4									
b				0.6	2	1.2						
c							0.4	2	0.8			
d										0.2	2	0.4
Всього	1.0	3.6	3.6	1.4	3.14	4.4	1.2	3.33	4.0	1.0	3.6	3.6

вних перемикачів, якщо переведення не можливе. Для підвищення надійності розглянемо варіант встановлення плавких запобіжників на відхідних від головного фідера розподільних лініях, що дає змогу локалізувати пошкодження (рис. 4). Так, покращуються показники надійності всіх вузлів навантаження. У найважчих умовах виявляється споживач В, що зумовлено великою довжиною розподільної лінії. Результати розрахунків наведено в таблиці 4.

Основні показники надійності – параметр потоку відмов, середня тривалість відмови і коефіцієнт неготовності є оцінками відповідних математичних очікувань, тобто являють собою середні і

очікувані значення відповідної випадкової величини, підпорядкованої певному закону розподілу. Крім основних показників розглянемо додаткові показники надійності та показники, що характеризують недовідпуск енергії і допомагають відобразити важливість відмови в системі.

Системний показник середньої частоти перерв електропостачання визначається як частка від ділення повного числа перерв електропостачання споживачів на повне число споживачів:

$$K_q = \frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{N_i}, \quad (4)$$

Література

1 Федорів М.Й. Підвищення надійності та ефективності функціонування електротехнічного комплексу для електрообування / М.Й. Федорів, І.Д.Галушак, І.В.Гладь // Нафтогазова енергетика. – 2006. – № 1(1). – С. 41-43.

Стаття надійшла до редакційної колегії
18.11.09
Рекомендована до друку професором
Д.Ф. Тимківим

де i - означає розрахунковий вузол, до якого приєднано N_i споживачів.

Системний показник середньої тривалості перерви електропостачання визначається як частка від ділення суми тривалостей вимкнення споживачів на повне число споживачів:

$$K_n = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{N_i} \quad (5)$$

Показник середньої тривалості перерви електропостачання споживача:

$$U_c = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum \lambda_i \cdot N_i} \quad (6)$$

Середній показник надійності електропостачання визначається як частка від ділення числа годин неперервної роботи споживачів на повне число годин роботи споживачів:

$$K_n = \frac{\sum N_i \cdot 8760 - \sum U_i \cdot N_i}{\sum N_i \cdot 8760} \quad (7)$$

Недовідпущена електрична енергія:

$$E_{нд} = \sum U_i \cdot P_i, \quad (8)$$

де P_i - середнє навантаження вузла.

Середній на 1 споживача невідпуск електричної енергії:

$$E_{снд} = \frac{\sum U_i \cdot P_i}{\sum N_i} \quad (9)$$

Для визначення додаткових показників надійності для розглянутих схем радіальної мережі використаємо дані, наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Дані вузлів навантаження

Вузол навантаження	Число споживачів	Потужність, кВт
A	1000	5000
B	800	4000
C	700	3000
D	500	2000

У першому випадку додаткові показники мають наступні значення:

$K_n = 2.2$ перерви на 1 споживача на рік;

$K_p = 6.0$ год на 1 споживача на рік;

$U_c = 2.73$ год на 1 перерву електропостачання;

$K_n = 0.999315$;

$E_{нд} = 84\,000$ кВт·год/рік;

$E_{снд} = 28.0$ кВт·год на 1 споживача на рік.

З урахуванням захисту розподільних ліній додаткові показники надійності покращуються:

$K_n = 1.15$ перерви на 1 споживача на рік;

$K_p = 3.9$ год на 1 споживача на рік;

$U_c = 3.39$ год на 1 перерву електропостачання;

$K_n = 0.999554$;

$E_{нд} = 54\,800$ кВт·год/рік;

$E_{снд} = 18.2$ кВт·год на 1 споживача на рік.